

Юрченко В.А., Петков А.А., Бригада Е.В., Тесленко А.А.,
УГосНИИ УкрВОДГЕО, НИПКИ "Молния", АО "Спецхимзащита", г. Харьков,
Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БАКТЕРИЦИДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВОЗБУДИТЕЛЕЙ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ В ТРУБОПРОВОДАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Борьба с микробиологической коррозией бетона и железобетона является важнейшим фактором обеспечения экологической безопасности и эксплуатационной надежности самотечных трубопроводов водоотведения: на этих объектах коррозия сводовой части обуславливает до 74% аварий [1]. Коррозионное разрушение бетона вызывает биогенная серноокислотная агрессия – воздействием серной кислоты, которую на своде образуют тионовые бактерии. В природной среде тионовые бактерии, окисляющие восстановленные соединения серы при автотрофной (у некоторых видов – миксотрофной) ассимиляции, являются одними из наиболее активных возбудителей биологической миграции тяжелых металлов, а в техносфере – возбудителями самой активной аэробной микробиологической коррозии. В некоторых странах концентрация этих бактерий в бетоне трубопроводов водоотведения используется в качестве показателя коррозионной агрессивности среды. Концентрация тионовых бактерий больше 10^6 клеток/см² бетонного свода свидетельствует о высокой агрессивности среды.

К настоящему времени для борьбы с коррозией и обеспечения противокоррозионной защиты в сооружениях водоотведения разработан комплекс мероприятий, реализуемых на этапах проектирования, строительства и эксплуатации этих объектов. В основном они направлены на предупреждение возникновения газовой коррозии и микробиологической коррозии на своде, усиление кислотостойкости бетона, и значительно реже на микроорганизмы – продуценты кислот на своде. Но, поскольку доминирующая роль в коррозии бетона сетей водоотведения принадлежит именно тионовым бактериям, то перспективной представляется противокоррозионная защита с помощью биоцидных воздействий на этот микробиоценоз.

Целью настоящей работы являлась оценка в лабораторных условиях эффективности химических и физических биоцидных воздействий на тионовый микробиоценоз.

Биоцидные воздействия апробировали на накопительной культуре тионовых бактерий, выделенной из бетона сетей водоотведения г. Харькова, пораженных коррозией. Накопительную культуру поддерживали в среде Ваксмана с измельченным бетоном, т.е. в условиях максимально приближенных к натурным – с иммобилизацией бактерий. Причем, pH среды и концентрация тионовых бактерий в ней (10^7 - 10^8 клеток/г бетона) соответствовала ситуации на своде коллекторов при очень высокой агрессивности среды и глубоком поражении бетона коррозией.

Для химических биоцидных воздействий использовали неорганические вещества (соли меди, фториды), амфолитные СПАВ (амирол М, амирол Л), катионактивные СПАВ (ТАБ, АБДМ, Зимидин) и коммерческие биоциды («Поли-

септ», «Пиразол»), а также их сочетания. В качестве физического биоцидного воздействия использовали обработку накопительной культуры тионовых бактерий импульсным УФ-излучением широкого спектра. Эффективность ингибирования оценивали по воздействию на метаболизм тионовых бактерий - продуцирование серной кислоты, и динамику численности бактерий этой экологотрофической группы.

Как показали исследования, при введении СПАВ и коммерческих биоцидов в культуральную жидкость, происходит адаптация накопительной культуры и на 15-21 день эффект ингибирования снижается (табл. 1). Устойчивый 100% эффект ингибирования коммерческие биоциды показывали при концентрации биоцида – 500-600 мг/л, в то время амфолитные и катионактивные СПАВ – при концентрации 1000-1600 мг/л.

Таблица 1 – Влияние продолжительности инкубации на эффект ингибирования тионовых бактерий СПАВ Зимидином

Характеристики развития накопительной культуры	Продолжительность инкубирования, сут.	Концентрация биоцида, мг/л			
		10	100	500	1000
Скорость накопления кислоты, (г-экв Н ⁺ /сут)·10 ⁻⁵	6	6,92	7,30	0	0
	15	6,34	5,67	2,77	0
	22	6,72	7,16	7,16	0
	28	5,99	6,36	9,29	0
Эффект ингибирования, сут.	6	0	0	100	100
	15	0	0	37,75	100
	22	0	0	0	100
	28	0	0	0	100

Наиболее эффективно метаболизм тионовых бактерий подавляли биоцид «Полисепт» (в концентрации > 500 мг/л), и Амирол М (в концентрации >1000 мг/л). Эти вещества использовали в 2-х факторном эксперименте. Как известно, механизм воздействия СПАВ (Амирола М) и биоцида «Полисепт» на бактерии отличаются. СПАВ воздействует на клеточную стенку бактерий, делая ее проницаемой для различных соединений, в том числе – и для токсичных, а «Полисепт» (гуанидиновое соединение), являясь аналогом азотистых оснований, воздействует на метаболизм бактерий. Поэтому Амирол М и «Полисепт» были использованы для двухфакторного эксперимента: совместное действие этих соединений на тионовые бактерии могло взаимно усилить ингибирующий эффект. Результаты эксперимента приведены графически на рисунке.

Как свидетельствуют полученные данные, эффект синергизма в ингибировании развития тионовых бактерий при использовании двух биоцидных средств – Амирола М и «Полисепта», не наблюдался.

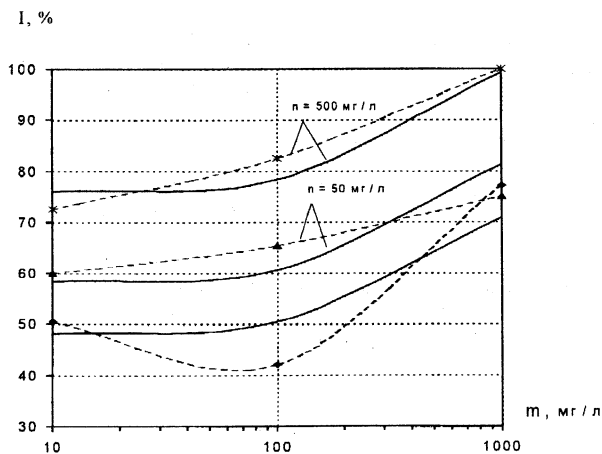


Рис. - Зависимость эффекта ингибирования метаболизма тионовых бактерий (I , %) от концентрации "Полисепта" и Амирола М при совместном введении.

Условные обозначения: n – концентрация "Полисепта", мг/л; m – концентрация Амирола М, мг/л; - - - - экспериментальная зависимость, — расчетная зависимость.

Расчетные зависимости построены с использованием математической модели, полученной на основании экспериментальных данных:

$$I = 46,7 + 0,248n + 0,0253m + 1,16 \cdot 10^{-6}nm - 3,8 \cdot 10^{-4}n^2 - 2,3 \cdot 10^{-6}m^2,$$

где n – концентрация "Полисепта", мг/л;
 m – концентрация Амирола М, мг/л.

Среднее квадратическое отклонение расчетных данных от экспериментальных составляет 5%.

В целом можно отметить, что ингибирование метаболизма тионовых бактерий, иммобилизованных на бетоне, требует чрезвычайно больших концентраций химических биоцидных средств – на 1-2 порядка, превышающих необходимые для ингибирования сапрофитов [2].

При апробации воздействия УФ-излучения широкого спектра обработку накопительной культуры тионовых бактерий проводили не более чем 15 импульсами. Пауза между импульсами составляла 10 секунд.

Как свидетельствуют данные табл. 2, после обработки УФ-излучением, эффект полного ингибирования метаболизма тионовых бактерий сохраняется в течение 5-7 дней, на 12 день после обработки эффект ингибирования существенно падает. Суммарная энергетическая доза, обеспечивающая 100% степень обеззараживания составляют 5500 кДж/см², что на порядок превышает этот показатель для аналогичной концентрации сапрофитов [3]. Технические условия эксперимента позволяли воздействовать УФ-излучением только на бактерии, иммобилизованные на поверхности слоя измельченного бетона, толщина которого составляла 2-3 мм. Бактерии в середине слоя экранировались верхним слоем бетона от УФ-излучения. В реальных условиях тионовые бактерии иммобилизованы только на поверхности монолита бетона и экранируются в меньшей степени, поэтому бактерицидный эффект воздействия УФ-излучения, вероятно, будет выше.

Таблица 2 – Влияние УФ импульсного излучения на тионовые бактерии, иммобилизованные на бетоне

Характеристики развития накопительной культуры тионовых бактерий	Продолжительность инкубирования, сутки		
	0	5	12
Численность тионовых бактерий, клеток/мл	$1,5 \cdot 10^7$	0	$(2,5-4,5) \cdot 10^5$
Накопление протонов, (г-экв/л) · 10 ⁻⁵	-	0	82-113
Эффект ингибирования, %	-	100	19,6-56,3

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о высокой степени резистентности накопительной культуры тионовых бактерий, иммобилизованной на бетоне, как к физическим, так и к химическим биоцидам. В целом, это направление борьбы с коррозией бетона требует продолжения и апробации новых биоцидных средств.

Список использованной литературы:

1. Гончаренко Д. Ф., Коринько И. В. Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений. Монография. – Харьков: Рубикон, 1999. – 368 с.
2. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. 1. / Под ред. А. А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. – 688 с., ил.
3. Бабич Е. М., Калиушко Г. М., Петков А. А., Харитонова Е. В. Обеззараживание поверхностей с помощью импульсного ультрафиолетового излучения. Сборник ХИСП, 1998, вып. 3, с. 84-86.